

グラフェンと呼ばれる単層黒鉛シートは優れた電氣的、機械的及び熱的特性を有することが予想されている。ポリマー母材にこのシートを均一に分散させると、特異な導電性複合材料などが合成できることが考えられるが、このグラフェンシートには互いに作用しあって塊状になる欠点がある。米国ノースウエスタン大学の研究者らは、グラファイトを一層ずつ剥離して化学的に修飾したグラフェンシートをポリマー母材内に分子レベルで分散させることによって、グラフェンナノ複合ポリマー材料の合成に成功した。この方法によって作製したグラフェンナノ複合ポリスチレンでは、グラフェンの充填率が約 0.1 体積パーセントでも導電性を示した。1 体積パーセントのグラフェンを含むグラフェンナノ複合ポリスチレンの導電率は約  $0.1 \text{ Sm}^{-1}$  となるが、これは多くの電氣的用途に十分な値と言える。この導電性ナノ複合材料は、カーボンナノチューブ複合材料より安価であるという利点を有する。

## トピックス 2 グラフェンが均一に分散した導電性ナノ複合材料

グラフェン<sup>注1)</sup>と呼ばれる黒鉛は  $\text{sp}^2$  結合<sup>注2)</sup>した炭素からなる単原子厚の 2 次元層状構造を有し、その単層黒鉛シートはさまざまな優れた電氣的、機械的及び熱的特性を有することが予想されている。グラフェンシートの熱伝導率と弾性率はグラファイトの面内においてそれぞれ  $3,000 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 、 $1,060 \text{ GPa}$  に達し、さらに、破壊強度はカーボンナノチューブに匹敵する可能性がある。これらの特性を活用する方法の一つに、グラフェンシートを組み込んだ複合材料がある。例えば、ポリマー母材にこのシートを均一に分散させると、特異な導電性複合材料などが合成できることが考えられている。しかし、このグラフェンシートには互いに作用しあって塊状になる欠点がある。

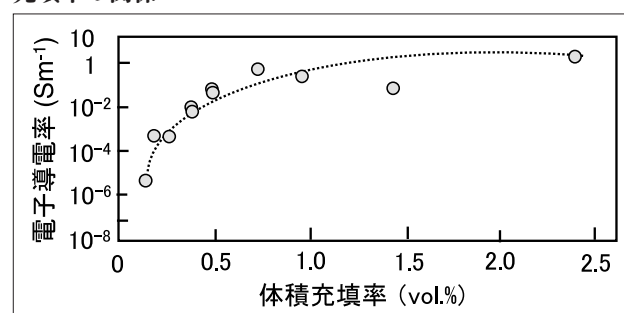
米国ノースウエスタン大学の S. Stankovich らは、この問題を解決し、グラフェンが分散した導電性複合材料の合成に成功した。このような複合材料を製造するためには、十分な量的規模でのグラフェンシートを生産する方法の他に、各種母材にグラフェンシートを均一に分散させるプロセス方法の開発も必要である。グラファイトは安価で大量に入手可能であるが、1 枚ずつのグラフェンシートに剥がすことは容易ではなかった。今回、研究者らは、グラファイトを酸化グラファイトに変換し、さらに、フェニルイソシアネート誘導体により、グラフェン酸化物単層シート（厚さが  $1 \text{ nm}$  以下）を作製し、このシートを還元して完全に一層ずつ剥離したグラフェンシートを作り出す方法を開発した。その後、化学的に修飾したグラフェンシートをポリマー母材内に分子レベルで分散させ、グラフェンが母材に均一に分散されたナノ複合材料を合成した。

この作製プロセスによるグラフェンナノ複合ポリスチレンでは、室温において導電性をもつよう

になるグラフェンの体積充填率の最低値は約 0.1 体積パーセントである（下図参照）。この体積パーセントは、カーボンナノチューブ含有材料を除いて、あらゆるカーボン系複合材料においてこれまで報告された中で最も少ない値であり、グラフェンの分散性が非常に良いことを示している。このナノ複合材料では、1 体積パーセントのグラフェンの充填で電子導電率が約  $0.1 \text{ Sm}^{-1}$  となるが、その導電率は、例えば電気導電体、電極、電気接点のようなシステムの応用に十分な値と言える。1 体積パーセントのグラフェンを含むナノ複合ポリスチレンは、カーボンナノチューブ複合材料に比べると導電性は高くはないが、価格が安いという利点がある。

カーボンナノチューブ複合材料より実用的でかつ低価格な導電性材料として、グラフェンナノ複合材料が有望である。本研究成果は、2006 年 7 月 20 日付のネイチャー誌に掲載された。

グラフェンナノ複合材料の電子導電率とグラフェン体積充填率の関係



注1 グラフェン：「カーボンナノチューブ製造技術開発の動向」（科学技術動向、2001 年 7 月号、p.20）を参照。

注2  $\text{sp}^2$  結合：炭素材料の結晶構造の一つで、六方晶からなるグラファイトの結晶構造を指す。